

SEMICONDUCTOR DEVICE AND ITS FORMING METHOD

Publication number: JP8008439

Publication date: 1996-01-12

Inventor: TERAMOTO SATOSHI

Applicant: SEMICONDUCTOR ENERGY LAB

Classification:

- International: H01L21/02; H01L21/20; H01L21/268; H01L21/28;
H01L21/314; H01L21/316; H01L21/318; H01L21/336;
H01L21/84; H01L27/12; H01L29/51; H01L29/78;
H01L29/786; H01L21/02; H01L21/70; H01L27/12;
H01L29/40; H01L29/66; (IPC1-7): H01L29/786;
H01L21/263; H01L21/336; H01L27/12

- European: H01L21/28E2C2N; H01L21/314B1; H01L21/77T;
H01L27/12; H01L29/51N

Application number: JP19940165931 19940623

Priority number(s): JP19940165931 19940623

Also published as:

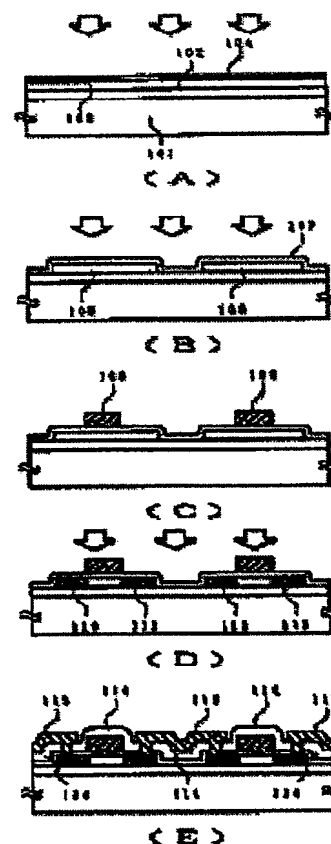
US5620910 (A1)

Report a data error here

Abstract of JP8008439

PURPOSE: To prevent metal component in a gate electrode from diffusing from the gate electrode containing metal material component to the inside of a gate insulating film, by constituting the gate insulating film mainly of silicon, oxygen and nitrogen, and changing the composition ratio of N in the direction of film thickness.

CONSTITUTION: A silicon film 103 turning to active layers are patterned, active layers 105, 106 are formed, and an SiOxNy film 107 turning to a gate insulating film is formed so as to cover the active layers 105, 106. The composition ratio of N is made maximum on the interface of the gate insulating film 107 expressed by SiOxNy and the active layer 106. Thereby a barrier layer can be formed on the interface. By the effect of the barrier layer, hydrogen ions and metal ions which have diffused from the active layers 105, 106 can be prevented from penetrating into the gate insulating film 107.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-8439

(43) 公開日 平成8年(1996)1月12日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 29/786				
21/263				
27/12	R			
		9056-4M	H 0 1 L 29/ 78	3 1 1 G
		9056-4M		3 1 1 Y
		審査請求 未請求	請求項の数12	FD (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-165931

(22) 出願日 平成6年(1994)6月23日

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 寺本 聡

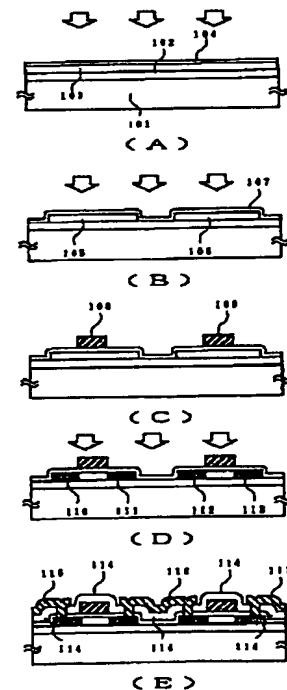
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(54) 【発明の名称】 半導体装置およびその作製方法

(57) 【要約】

【目的】 ゲイト絶縁膜中に可動イオン、水素等が侵入しない構成を有する絶縁ゲイト型半導体装置を提供する。

【構成】 薄膜珪素半導体を用いた絶縁ゲイト型電界効果半導体装置において、活性層を覆うゲイト絶縁膜を主として、珪素、酸素、窒素で示される薄膜で構成する。また、このようなゲイト絶縁膜においては、窒素の濃度をゲイト電極との界面で大きくすることにより、ゲイト電極を構成する材料がゲイト絶縁膜に拡散することを防ぐことができる。また、同じく窒素の濃度を活性層の界面で大きくすることにより、活性層中から水素イオン等がゲイト絶縁膜に拡散することを防ぐことができる。さらに、ゲイト絶縁膜を形成する前に活性層表面をレーザーもしくはそれと同等な強光を照射することにより酸化もしくは窒化しておくことにより、上記の効果を高めることができる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 絶縁ゲイト型電界効果半導体装置であって、ゲイト絶縁膜が、主として珪素、酸素、窒素で構成されており、窒素の膜厚方向に対する分布が変化していることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】 絶縁ゲイト型電界効果半導体装置において、ゲイト絶縁膜は、 SiO_xN_y で示される材料で構成されており、そのエネルギーバンドギャップは 5.3 ~ 7.0 eV であり、比誘電率は 4 ~ 6 であり、 x 及び y は、 $0 < x < 2$ 、 $0 < y < 4/3$ を満たすことを特徴とする半導体装置。

【請求項 3】 絶縁ゲイト型電界効果半導体装置であって、ゲイト絶縁膜が、主として珪素と酸素によって構成されており、かつ、ゲイト電極には窒素がドーピングされており、その膜厚方向に対する濃度分布が変化していることを特徴とする半導体装置。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 3 において、ゲイト絶縁膜中において、窒素の組成比率がゲイト電極および／または活性層との界面において最大となっていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 3 において、絶縁ゲイト型電界効果半導体装置の活性層は、主として、珪素、酸素、窒素で構成される絶縁薄膜上に形成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 3 において、活性層中には珪素の結晶化を助長する金属元素が含まれていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 7】 請求項 6 において、金属元素は珪素に対して侵入型の元素であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 8】 請求項 6 において、金属元素として Ni 、 Fe 、 Co 、 Ru 、 Pd 、 Os 、 Ir 、 Pt 、 Cu 、 Ag 、 Au から選ばれた一種または複数種類の元素が用いられることを特徴とする半導体装置。

【請求項 9】 絶縁ゲイト型電界効果半導体装置の作製方法であって、原料ガスにクロールシラン、またはジクロールシランを混合して用いることにより、塩素が添加され、主として、珪素、酸素、窒素で示される材料からなるゲイト絶縁膜を形成する工程、を有し、前記ゲイト絶縁膜の形成工程において、窒素の膜厚方向に対する分布を変化させることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 10】 請求項 9 において、ゲイト絶縁膜は SiO_xN_y で示される材料によって構成され、そのエネルギーバンドギャップは 5.3 ~ 7.0 eV であり、比誘電率は 4 ~ 6 であり、 x 及び y は、 $0 < x < 2$ 、 $0 < y < 4/$

2

3 を満たすことを特徴とする半導体装置作製方法。

【請求項 11】 酸化性もしくは窒化性もしくはハロゲン雰囲気において、基板上に形成された活性層に対して、レーザーもしくはそれと同等な強光を照射する第 1 の工程と、活性層上に、主として、珪素、酸素、窒素で構成される被膜をプラズマ CVD 法によって形成する第 2 の工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 12】 請求項 11 において、第 1 の工程と第 2 の工程および該工程間においては基板は実質的に外気にさらされることがないことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、絶縁基板上に形成される薄膜半導体を用いた絶縁ゲイト型電界効果半導体装置（一般に薄膜トランジスタまたは TFT と呼ばれる）の構成、及びその作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、絶縁基板（特にガラス基板）上に形成された薄膜半導体を用いた絶縁ゲイト型電界効果半導体装置（以下 TFT という）が知られている。これら絶縁基板上に形成された TFT は、液晶ディスプレイやイメージセンサーといった装置に利用されている。そして、上記のような TFT においては、ゲイト絶縁膜として酸化珪素 (SiO_2) が用いられるのが普通である。

【0003】 また TFT の活性層としては、結晶性珪素膜を用いることが高い特性を得るためには必要である。結晶性珪素膜の作製方法としては、減圧熱 CVD 法等により微結晶構造を有する珪素膜を直接成膜する方法、非晶質珪素膜に加熱処理やレーザー光の照射を行うことによって、結晶性を与える方法等がある。いずれの場合であっても単結晶構造を得ることは現状では不可能である。即ち、得られる結晶性珪素膜の形態は、多結晶構造や微結晶構造、さらには結晶構造と非晶質構造との混在した状態、さらには結晶構造が含まれた構造となる。

【0004】 上記のような結晶構造は、珪素の不對結合手が多量に存在しているので、その中和（終端化）のために水素を活性層中に含ませる必要がある。即ち活性層の水素化を行う必要がある。しかし一方でゲイト絶縁膜中に水素が含まれることは極力避けなければならない。これは、TFT の動作中においてゲイト絶縁膜中に可動イオンが存在すると、ヒステリシスが生じたり、しきい値の変動が生じたりすることの原因となるからである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 従来の TFT をガラス基板上に形成した場合、装置全体が静電気を帯びやすいので、ゲイト絶縁膜がその静電気によって絶縁破壊してしまう問題がある。即ち静電気の帯電によって、ゲイト絶縁膜を境にして高電圧が印加された状態になり、その

3

電圧にゲイト絶縁膜が耐えられなくなってしまうという問題があった。上記問題は、酸化珪素 (SiO_2) 膜のエネルギーバンドギャップ (Eg) が約 8 eV と大きく、その比誘電率が約 3.8 と比較的小さいことに起因すると考えられる。

【0006】また酸化珪素膜の代わりに、Eg が約 5 eV であり、比誘電率が約 7 である窒化珪素 (Si_3N_4) 膜をゲイト絶縁膜として用いることも考えられるが、窒化珪素膜をゲイト絶縁膜として用いた場合には、Si クラスタが電荷捕獲中心となるので、C-V 特性にヒステリシスが出てしまう。また、B-T 処理において、 ΔV_{th} が約 10 V 程度動いてしまうという不都合がある。即ち、窒化珪素をゲイト絶縁膜として用いた場合には、その絶縁膜中に電荷捕獲中心が存在することになるので、絶縁膜としては好ましいものではない。

【0007】そこで、本明細書で開示する発明では、

(1) 静電気によって静電破壊しにくいゲイト絶縁膜を提供する。

(2) その内部に電荷捕獲中心が存在しにくいゲイト絶縁膜を提供する。

といった点を課題とする。また、活性層中には水素を含ませることが必要であるが、活性層中に水素を含ませた場合、この活性層中の水素が隣接するゲイト絶縁膜に拡散してしまうという問題がある。このことは、活性層に接するゲイト絶縁膜中には水素が含まれないようにする必要があるという問題と両立しない。

【0008】そこで、本明細書で開示する発明においては、活性層中のイオンがゲイト絶縁膜中に拡散しないようなゲイト絶縁膜を提供することを別な課題とする。また、ゲイト電極として金属を主成分とした材料を採用した場合、この金属材料とゲイト絶縁膜を構成する半導体成分とが合金化してしまうという問題がある。そこで、本明細書で開示する発明においては、金属材料成分を含んだゲイト電極からゲイト絶縁膜中にゲイト電極中の金属成分が拡散しないような構成を提供することをさらなる課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本明細書で開示する発明の一つは、絶縁ゲイト型電界効果半導体装置であって、ゲイト絶縁膜が、主として珪素、酸素、窒素で構成されているものであり、該材料中において、膜厚方向に対して N の組成比率が変化していることを特徴とする半導体装置、あるいは、ゲイト絶縁膜が SiO_xN_y で示される材料で構成されており、該材料中において、膜厚方向に対して N の組成比率が変化していることを特徴とする半導体装置、を要旨とするものである。特に絶縁基板上に上記構成を有する TFT を形成することは、静電気による静電破壊を防ぐ上で有用である。

【0010】上記において主としてとは、5 原子%以上含有されていることを意味し、すなわち、主として珪

4

素、酸素、窒素で構成されている、とは、珪素、酸素、窒素が 5 % 以上含有されていることを意味する。また、上記の構成においては、窒素をゲイト絶縁膜中へのドーピングされた元素として扱っても同じ意味である。さらに、上記ゲイト絶縁膜中には塩素 (Cl) が添加されていることを特徴とするものである。またさらに、上記塩素が添加された SiO_xN_y で示される材料を形成する際に、塩素を膜中に添加するために、原料ガスとしてクロールシラン、またはジクロールシランを用いた気相法を用いることを特徴とするものである。

【0011】そして、上記 SiO_xN_y で示される材料は、そのエネルギーバンドギャップが 5.3 ~ 7.0 eV であり、比誘電率が 4 ~ 6 であり、x 及び y が、 $0 < x < 2$ 、 $0 < y < 4/3$ を満たすことを特徴とするものである。上記 x 及び y は、作製条件によって変更が可能であり、実施態様に合わせて設定すればよい。またその組成は、O が 1 原子%以上、好ましくは 10 原子%以上含まれ、同時に N が 0.001 原子%以上、好ましくは 0.1 原子%以上含まれていることが必要である。 SiO_xN_y で示される材料を形成する方法として、PCVD 法 (13.56 MHz)、LPCVD 法、光 CVD 法、パルス波形を印加する PCVD 法等の気相法を用いることができる。また、 SiO_xN_y で示される絶縁膜中には必要に応じて、他のハロゲン元素や不純物を人為的にドーピングすることも可能である。

【0012】本明細書で開示する他の発明の構成は、ゲイト絶縁膜が SiO_xN_y で示される薄膜で構成されており、前記ゲイト絶縁膜中において、N の組成比率がゲイト電極および/または活性層との界面において最大となっていることを特徴とする。上記構成において、 SiO_xN_y で示される薄膜における N (窒素) の組成比率をゲイト電極および/または活性層との界面において最大とするというのは、以下のような場合をいう。図 4 ~ 図 6 に示すのは、 SiO_xN_y で示されるゲイト絶縁膜中における N (窒素) の組成比率 (縦軸) とゲイト絶縁膜の膜厚方向における位置との関係を示したものである。

【0013】図 4 に示すのは、ゲイト絶縁膜と活性層との界面において、N の組成比率が最大となるようにした例である。また図 5 に示すのは、ゲイト絶縁膜とゲイト電極との界面で N の組成比率が最大となるようにした例である。また図 6 に示すのは、ゲイト絶縁膜と活性層との界面、およびゲイト絶縁膜とゲイト電極との界面の両方において、N の組成比率が最大となるようにした例である。なおここでいう最大というのは、組成比率が相対的に一番大きくなっているという意味である。

【0014】上記構成において、活性層中に珪素の結晶化を助長する金属元素が含まれている場合において、ゲイト絶縁膜と活性層との界面で N の組成比率が最大となるようにすることで、活性層中からこれら金属元素がゲ

5

イト絶縁膜中に拡散してしまうことを防ぐことができる。これは、Nの組成比率を大きくすることで、Si-N結合を利用したバリア層を構成できるからである。上記のような金属元素は、珪素に対して侵入型の元素であることが必要である。具体的には、これら金属元素としては、Ni、Fe、Co、Ru、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Ag、Auから選ばれた一種または複数種類の元素を用いることができる。

【0015】上記に列举した金属元素は、加熱処理工程において、珪素膜中に拡散していく。そして、上記の進入型の元素が、拡散していくのと同時に珪素の結晶化が進行していく。即ち、上記進入型の金属は、拡散していった先々でもって触媒的な作用でもって非晶質珪素膜の結晶化を助長する。また上記進入型の元素は、珪素膜中に速やかに拡散していつてしまうので、その導入量(添加量)が重要となる。即ち、その導入量が少ないと、結晶化を助長する効果が小さく、良好な結晶性を得ることができない。またその導入量が多過ぎると、珪素の半導体特性が損なわれてしまう。

【0016】従って、非晶質珪素膜への上記金属元素の導入量の最適範囲が重要となる。例えば、上記結晶化を助長する金属元素としてNiを利用する場合、結晶化された珪素膜中における濃度が $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上となるように非晶質珪素膜中にNi元素の導入量を制御することにより、結晶化を助長する効果を得ることができる。また結晶化された珪素膜中におけるNiの濃度が $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下となるようにNi元素の導入量を制御すれば、半導体特性が阻害されることがないことが判明している。ここでいう濃度とは、SIMS(2次イオン分析法)によって得られる最小値によって定義される。また、上記に挙げたNi以外の金属元素についても、Niと同様の濃度範囲においてその効果を得ることができる。

【0017】上記に列举した金属元素以外にAlやSnを用いた場合にも、非晶質珪素膜の結晶化を助長させることができる。しかしAlやSnは、珪素と合金を形成してしまい珪素膜中に拡散進入していかない。この場合、結晶化は珪素と合金を形成した部分が結晶核となって、その部分から結晶成長が進行していく。このようにAlやSnを用いた場合には、AlやSnを導入した部分(即ちこれら元素と珪素との合金層)からしか結晶成長が行われないので、前述のNi等の進入型の元素を用いた場合に比較して、その結晶性が一般に悪いという問題がある。例えば、一様に結晶化した結晶性珪素膜を得ることが困難であるという問題がある。さらに合金層の存在がデバイスの作製にさいして障害となる問題、さらには合金層が存在することによってデバイスの信頼性が低下する問題が存在する。

【0018】

【作用】 SiO_xN_y は、 E_g が5.3～7.0eVであり、比

6

誘電率が4～6であるので、フロアノットハイム電流

(絶縁膜を介したトンネル電流)を酸化珪素膜より約1桁多く流すことができ、静電破壊に到ることを抑制することができる。また、ゲイト絶縁膜である SiO_xN_y 膜には、酸素が含まれており、この酸素がヒステリシスを無くすように作用し、さらにN(Si-N結合)がNaや、重金属(FeやNiやCo)イオンのドリフトを防ぐように作用する。さらに、塩素(Cl)が添加された場合には、NaイオンやFeイオンをNaClやFeClとして中和(固定化)させることができ、さらにゲイト絶縁膜中における不純物イオンの悪影響を抑えることができる。

【0019】また、 SiO_xN_y で示されるゲイト絶縁膜中において膜厚方向においてNの組成比率を変化させることで、膜厚方向における任意の層にバリア層を形成することができる。特に、 SiO_xN_y で示されるゲイト絶縁膜と活性層との界面において、Nの組成比率を最大とすることによって、この部分にバリア層を形成することができる。このバリア層の作用によって、活性層中から拡散してくる水素イオンや金属イオンがゲイト絶縁膜中に侵入してしまうことを防ぐことができる。

【0020】また、 SiO_xN_y で示されるゲイト絶縁膜とゲイト電極との界面において、Nの組成比率を最大とすることによって、この部分にバリア層を形成することができる。このバリア層の作用によって、ゲイト電極から拡散してくるゲイト電極を構成する材料成分がゲイト絶縁膜中に侵入してしまうことを防ぐことができる。本発明の効果をさらに効果的に引き出すには、ゲイト絶縁膜を成膜する前に、酸化性もしくは窒化性の雰囲気において、レーザーもしくはそれと同等な強光を照射すること(以下、光アニールという)によって、半導体活性層表面を酸化せしめるとよい。

【0021】窒化性または酸化性雰囲気中において、レーザー光またはそれと同等な強光を照射するのは、これら非単結晶半導体膜の表面に窒化膜、酸化膜あるいは酸化窒化膜を形成するとともに、非単結晶半導体膜の結晶性を向上させるためである。酸化性雰囲気とは、積極的に酸化を行わすために酸化性のあるガスを多く含有させた雰囲気のことをいい、酸素、オゾン、亜酸化窒素(N_2O)や二酸化窒素(NO_2)等を多量に含む雰囲気、あるいはこれらの混合雰囲気のことである。従って単にこれらのガスが微量に含まれている雰囲気とは異なる。雰囲気中には塩素やトリクロロエチレン(トリクレン、TCE、 $\text{CHCl}=\text{CCl}_2$)、トランス-1、2-ジクロールエチレン($\text{CHCl}=\text{CHCl}$)が含まれていても良い。このようなガスは酸化作用を促進する。

【0022】この光アニールを珪素によって構成された活性層に対して行えば、珪素膜表面に薄い酸化珪素膜や窒化珪素膜を形成することができる。特に紫外線を照射した場合には化学反応が促進し、良質の酸化珪素膜が得

られる。このようにして作製された酸化珪素膜の場合は、通常の乾燥酸素中で1000~1200℃の温度の熱酸化で得られる酸化珪素膜に匹敵するほど、固定電荷が少なく、界面単位密度(Q_{ss})も低い。このため、TFT等の絶縁ゲイト型デバイスのゲイト絶縁膜として優れている。そして、光アニール工程の後に、本発明のプラズマCVD法等の成膜方法で絶縁膜、例えば酸化窒化珪素を形成することで、レーザー光等の照射の際に半導体表面に形成された良好な界面特性を有する酸化膜や窒化膜を重ねて、絶縁膜を必要とする厚さに形成することができる。

【0023】このような成膜工程は全て実質的に大気から隔離された環境でおこなわれることが望ましい。もし、レーザー等の照射の工程の後に、一度、大気中に半導体表面をさらすと、表面が汚染されてしまい、せっかく、レーザー等の照射によって得られた良質な酸化膜等が台無しになってしまう。したがって、レーザー等の照射と気相成長法による絶縁膜の成膜の間には半導体表面を大気さらす工程を入れてはならない。そのため、本発明においては、これらの装置の間に基板を移送するための特別な手段が必要とされる。

【0024】

【実施例】

【実施例1】本発明を利用して、TFTを作製する例を図1に示す。まず、ガラス基板(コーニング7059、300mm×300mmもしくは100mm×100mm)101上に下地酸化膜102として厚さ1000Å~3000Åの酸化珪素膜を形成する。この酸化珪素膜には、塩素を添加し、Naや重金属の可動イオンの影響を抑えるようにする。

【0025】この酸化膜の形成方法としては、酸素雰囲気中でのスパッタ法やTEOSをプラズマCVD法で分解・堆積した膜を450~650℃でアニールする方法を採用すればよい。塩素の添加は、雰囲気中に添加してもよいし、スパッタ法を用いる場合には、ターゲットに添加してもよい。その後、プラズマCVD法(PCVD法)やLPCVD法によって非晶質珪素膜103を300~1500Å、好ましくは500~1000Å堆積する。この非晶質珪素膜103は、ソース領域、チャネル形成領域、ドレイン領域を構成する活性層となる。

【0026】ここで、非晶質珪素膜を用いたTFTを作製するのであれば、この非晶質珪素膜103の上にゲイト絶縁膜を形成すればよい。また、結晶性の珪素膜を用いるのであれば、ここで熱アニール(600度以下で行うのが好ましい)やレーザー光の照射による結晶化を行えばよい。なお結晶化の際には、酸化珪素膜等で保護膜104を珪素膜の汚染防止のために設けるのが効果的である。

【0027】つぎに、活性層となる珪素膜103をパターニングし、活性層105と106を形成する。そして

この活性層105と106を覆って、ゲイト絶縁膜となる SiO_xNy 膜107を200~1500Åの厚さに形成する。 SiO_xNy 膜は、比誘電率が4~6であり、酸化珪素膜の比誘電率3.8に比較して、約50%大きいので、電気的に同じ条件を得るのに、その膜厚を酸化珪素膜の場合と比較して50%厚くすることができる。電気的に同じ条件でゲイト絶縁膜の膜厚を厚くできることは、絶縁耐圧の問題(同じ電圧が印加された場合、膜厚が厚い方が電界が弱くなる)、さらにはピンホールを経由してのリークの問題に対して有利である。

【0028】形成方法は、クロールシランやジクロールシランを原料ガスとして用いたPCVD法を用いる。形成条件は、基板温度を300度~600度として、印加する高周波エネルギーとして、13.56MHzの高周波を用いる。コーニング7059に代表されるガラス基板は、一般にガラス転移温度が600~900度であり、プロセス温度としては、600度以下の温度であることが好ましい。

【0029】例えば、原料ガスとして、ジクロールシラン(SiH_2Cl_2)を用いた場合、反応ガスとしてこのジクロールシラン以外に、アンモニア(NH_3)と一酸化窒素(N_2O)とを用いれば、気相反応の結果、 SiO_xNy とHClと H_2O とが生成され、Cl(塩素)が添加された SiO_xNy 膜が得られる。また原料ガスとして、クロールシランを用いた場合にも同様に膜中にClを添加することができる。

【0030】この SiO_xNy 膜107の形成方法としては、印加電圧をパルス化したPCVD法、さらにはLPCVD法、さらには光CVD法を利用することができる。この後、必要に応じて、活性層105、105とゲイト絶縁膜107との界面特性を改善するため、水素雰囲気中で350℃、2時間のアニールを行う。その後、厚さ2000Å~5μmのアルミニウム膜を電子ビーム蒸着法によって形成して、これをパターニングし、図1(C)に示すようにゲイト電極108、109を形成する。

【0031】その後、イオンドーピング法によって、各TFTの島状シリコン膜中に、ゲイト電極部をマスクとして自己整合的に一導電型を付与する不純物を注入する。この際には、最初に全面にフォスフィン(PH_3)をドーピングガスとして燐を注入し、その後、図の島状領域105だけをフォトレジストで覆って、ジボラン(B_2H_6)をドーピングガスとして、島状領域106だけに硼素を注入する。ドーパ量は、燐は $2\sim 8 \times 10^{15} cm^{-2}$ 、硼素は $4\sim 10 \times 10^{15} cm^{-2}$ とし、硼素のドーパ量が燐を上回るように設定する。

【0032】さらに、図1(D)に示すようにKrFエキシマーレーザー(波長248nm、パルス幅20ns)を照射して、上記不純物領域の導入によって、結晶性の劣化した部分の結晶性を改善させるとともに、注入された不純物の活性化を行う。レーザーのエネルギー

密度は $200\sim 400\text{ mJ/cm}^2$ 、好ましくは $250\sim 300\text{ mJ/cm}^2$ とする。

【0033】こうして、N型不純物領域を領域110、111に、P型不純物領域を領域112、113に形成する。これらの領域のシート抵抗は $200\sim 800\ \Omega/\text{cm}^2$ である。その後、全面に層間絶縁物114として、TEOSを原料として、これと酸素とのプラズマCVD法、もしくはオゾンとの減圧CVD法あるいは常圧CVD法によって酸化珪素膜を厚さ 3000 Å 形成した。基板温度は $150\sim 400^\circ\text{C}$ 、好ましくは $200^\circ\text{C}\sim 300^\circ\text{C}$ とした。

【0034】そして、TFTのソース/ドレインにコンタクトホールを形成し、アルミニウム配線115～117を形成する。図1(E)には、左側のNTFT(Nチャネル型薄膜トランジスタ)と右側のPTFT(Pチャネル型薄膜トランジスタ)でインバータ回路が形成されていることが示されている。珪素膜103を熱アニールにより結晶化させた場合、TFTの移動度はNTFTで $50\sim 100\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、PTFTで $30\sim 100\text{ cm}^2/\text{Vs}$ が得られる。本実施例では最高プロセス温度は 600°C 以下であるので、コーニング7059等の無アルカリガラスであれば、基板の縮みやソリ等は皆無である。このため、基板が本実施例の如く大きなものであってもパターンのずれが発生することはほとんどなく、したがって、大面積ディスプレイもしくはその駆動回路に応用する上で都合がよい。

【0035】〔実施例2〕本実施例の作製工程の概略を図2に示す。本実施例は、アクティブマトリクス型の液晶表示装置の画素駆動に用いるTFTの作製例である。基板201としてはコーニング7059ガラス基板(厚さ 1.1 mm 、 $300\times 400\text{ mm}$)を使用する。このガラス基板には、ガラス基板中からのナトリウム等の不純物がTFT中に拡散しないように、プラズマCVD法で全面に厚さ $50\sim 500\text{ Å}$ 、好ましくは $50\sim 200\text{ Å}$ の窒化珪素膜202が形成してある。

【0036】まず、上記のガラス基板上に下地酸化膜203(酸化珪素)を形成する。その後、LPCVD法もしくはプラズマCVD法で非晶質珪素膜204(厚さ $300\sim 1500\text{ Å}$ 、好ましくは $300\sim 500\text{ Å}$)を形成し、 400°C で1時間脱水素化を行った後、これをパターンニングして島状の半導体領域(TFTの活性層)204を形成する。さらに実施例1と同様な方法により、 SiO_xNy 膜をゲイト絶縁膜205として形成する。勿論、ゲイト絶縁膜を形成する前に、非晶質珪素膜204をレーザー光の照射、または熱アニール(600°C 以下で行うのが好ましい)によってその結晶化を助長させ、結晶性シリコン(微結晶、多結晶、ポリシリコン、セミアモルファス等の結晶性を有するシリコン膜の総称)としてもよい。

【0037】次に、実施例1と同じ要領でアルミニウム

のゲイト電極206を形成し、基板ごと電解溶液に浸漬して、これを陽極として通電し、ゲイト電極等のアルミニウム配線表面に陽極酸化物の被膜209を形成する。このような陽極酸化の技術は本発明人等の出願である特願平4-30220、同4-38637、および同4-54322に記述されている。この工程の完了した様子を図2(B)に示す。また、陽極酸化工程が終了した後に、逆に負の電圧、例えば $-100\sim -200\text{ V}$ の電圧を $0.1\sim 5$ 時間印加してもよい。このときには、基板温度は $100\sim 250^\circ\text{C}$ 、代表的には 150°C とすることが好ましい。

【0038】この工程によって、酸化珪素中あるいは酸化珪素とシリコン界面にあった可動イオンがゲイト電極(A1)に引き寄せられる。このように、陽極酸化後、もしくは陽極酸化中にゲイト電極に負の電圧を印加する技術は、本発明人等の出願の特願平4-115503(平成4年4月7日出願)に記述されている。またこのゲイト電極206の側面の酸化物の被膜209は、後のイオン注入の際にマスクとなり、オフセットゲイト構造を形成することができる。

【0039】その後、P型の不純物として、硼素をイオンドーピング法で活性層204に自己整合的に注入し、TFTのソース/ドレイン領域208、209を形成し、さらに、図2(C)に示すように、これにKrFエキシマレーザー光を照射して、このイオンドーピングのために結晶性の劣化した珪素膜の結晶性を改善する。このときにはレーザー光のエネルギー密度は $250\sim 300\text{ mJ/cm}^2$ と設定する。このレーザー照射によって、このTFTのソース/ドレインのシート抵抗は $300\sim 800\ \Omega/\text{cm}^2$ となる。

【0040】またこの時、酸化物の被膜209の作用で、自己整合的にオフセットゲイト構造が実現される。その後、ポリイミドによって層間絶縁物210を形成し、さらに、画素電極211をITOによって形成する。そして、コンタクトホールを形成して、TFTのソース/ドレイン領域にクロム/アルミニウム多層膜で電極212、213を形成し、このうち一方の電極213はITOにも接続するようにする。クロム/アルミニウム多層膜は、下層にクロム膜 $200\sim 2000\text{ Å}$ 、典型的には 1000 Å 、上層にアルミニウム膜 $1000\sim 20000\text{ Å}$ 、典型的には 5000 Å が堆積されてできている。これらは連続的にスパッタ法にて形成することが望まれる。

【0041】最後に、水素中で $200\sim 300^\circ\text{C}$ の温度で2時間アニールして、シリコンの水素化を完了する。このようにして、TFTが完成する。ここで示したのは、一つの画素に一つの駆動用のTFT(Pチャネル型TFT)が形成された例であるが、上記の工程を同時に行うことで、多数のTFTをマトリクス状に配列せしめ、アクティブマトリクス型液晶表示装置を作製するこ

とができる。本発明の他の応用例としては、金属配線が形成された後の半導体集積回路において、TFTを形成する、いわゆる3次元ICが挙げられる。その他にも様々な応用が可能である。

【0042】【実施例3】本実施例は、ゲイト電極を金属を主成分材料とした構成において、ゲイト電極を構成する金属成分（この場合アルミニウム）がゲイト絶縁膜に拡散し、そこで合金化してしまうことを防ぐ構成に関する。図3に本実施例で示すTFTの作製工程を示す。まずガラス基板301上に SiO_xN_y で示される薄膜302をジクロールシランを用いたプラズマCVD法により1000Åの厚さに形成する。さらにプラズマCVD法または減圧熱CVD法により非晶質珪素膜303を1000Åの厚さに形成する。

【0043】そしてスピコート法により酢酸ニッケル塩を非晶質珪素膜303上にコートする。これは、結晶化を助長する金属元素であるニッケルを非晶質珪素膜に導入するためである。そして不活性雰囲気中において550度、4時間の加熱処理を行い非晶質珪素膜303を結晶化させ結晶性珪素膜を得る。なお結晶性珪素膜中に含有させるニッケル元素の濃度は、 $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ とすることが望ましい。これは、 $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 以下では結晶化の際の助長効果が小さく、 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以上では珪素の半導体特性が失われてしまうからである。

【0044】非晶質珪素膜を結晶化させ結晶性珪素膜を得たら、水素イオン注入を行う。こうして、結晶性珪素膜中に水素イオンの注入を行い、注入された水素によって結晶性珪素膜中における珪素の不對結合手を中和させる。水素イオンを結晶性珪素膜中に含ませる方法としては、水素イオンの注入の他に水素雰囲気中における加熱による方法、水素プラズマ雰囲気中に試料をさらす方法を挙げることができる。そしてパターニングを行いTFTの活性層304を形成する。なお、前記の水素イオンの注入は、この活性層304の形成後に行ってもよい。活性層304を形成したら、ゲイト絶縁膜として SiO_xN_y で示される薄膜305を形成する。このゲイト絶縁膜として機能する SiO_xN_y で示される薄膜305は、その組成を漸次変化させていることを特徴とする。ここでは、図4に示すような組成で成膜を行うことを特徴とする。

【0045】図4は、横軸に活性層からゲイト電極に至る位置を示し、縦軸に窒素(N)の組成比率を示すものである。図4において、maxは0.1原子%~30原子%、minは0.001原子%~3原子%である。この値は窒素原子の組成比率を示すものである。図4に示すような組成比率を得るためには、例えば原料ガスとして SiH_4 と O_2 と NH_3 とを用い、 NH_3 の混合比を制御することによって行う。即ち、ゲイト絶縁膜である SiO_xN_y 膜の成膜開始時から成膜進行中において徐々にN

H_3 の混合比を低下させることによって、図4に示すような窒素の組成比率を得る。原料ガスとしては、 Si_2H_6 のような高次のシラン系ガス、 N_2O ガス等を用いることもできる。

【0046】図4に示すような窒素の組成比率とすることによって、活性層とゲイト絶縁膜との界面およびその近傍のゲイト絶縁膜において窒素が多く含まれる構成とすることができる。珪素と窒素の結合は緻密であり高いバリア効果を有している。即ち、Aで示される領域は、活性層から進入してくる水素イオンやニッケルイオンを防止するバリアの役割を果たす。またA以外の領域においては、窒素の組成比率が低いので、窒化珪素膜において問題となるSiクラスタに起因する電荷捕獲中心を少なくすることができる。またゲイト絶縁膜全体としては、 SiO_xN_y 膜として得られる有意性を持っている。即ち、本実施例の構成を採用することで、 SiO_xN_y 膜が有している有意性に加えて、活性層から各種イオンがゲイト絶縁膜中に進入することを防止する有意性を得ることができる。

【0047】ゲイト絶縁膜305を形成したら、アルミニウムを主成分とする薄膜を5000Åの厚さに形成する。そしてこのアルミニウムを主成分とする薄膜をパターニングして、ゲイト電極306を形成する。ゲイト電極306を形成したらこのゲイト電極を陽極として電解溶液中で陽極酸化を行い、酸化物層307を形成する。この酸化物層307は2000Åの厚さに形成する。この酸化物層307が存在することによって、後の不純物イオン注入工程において、オフセットゲイト領域を形成することができる。

【0048】次に不純物イオンの注入を行いソース領域308、ドレイン領域310、チャネル形成領域309を自己整合的に形成する。また同時にオフセットゲイト領域311が形成される。ここではNチャネル型のTFTを形成するためにP(リン)イオンの注入を行う。不純物イオンの注入終了後、レーザー光または強光を照射することによって、ソース領域308とドレイン領域310の活性化を行う。なおこの工程は400~700℃の加熱によるものであってもよい。(図3(C))

【0049】そして、層間絶縁膜312として酸化珪素膜をプラズマCVD法で形成する。そして孔開け工程を経て、ソース電極313とドレイン電極314を形成し、TFTを完成させる。図3に示すTFTは、活性層が SiO_xN_y で示される薄膜で包み込まれることになるので、活性層中から水素や結晶化を助長する金属元素を外部に流出しない構成とすることができる。本実施例で示した構成は、実施例1および実施例2に示す薄膜トランジスタのゲイト絶縁膜に利用できることはいうまでもない。

【0050】【実施例4】本実施例は、実施例3に示す構成のゲイト絶縁膜305において、その組成比率を図

5に示すようなものとしたことを特徴とする。図5に示すのは、ゲイト絶縁膜305を構成する SiO_xN_y 膜における窒素(N)の比率を示すものである。即ち、ゲイト絶縁膜305中における窒素の比率が活性層304側からゲイト電極306側に向かって、徐々に大きくなるように構成したことを特徴とする。

【0051】図5において、maxは0.1原子%~30原子%、好ましくは1原子%~30原子%、minは0.001原子%~3原子%である。この値は、窒素系の原料ガス（例えば NH_4 ）の混合比を変化させることによって制御できる。また、図5に示すように漸次窒素原子の比率を徐々に変化させるには、成膜中において窒素系ガスの混合比を徐々に変化させればよい。

【0052】図5に示すような構成を採用した場合、ゲイト絶縁膜305中におけるゲイト電極306側にバリア層を形成することができるので、ゲイト電極からゲイト電極中に含まれる材料成分がゲイト絶縁膜中に拡散することを防ぐことができる。例えば、ゲイト電極を構成するアルミニウムがゲイト絶縁膜中に拡散し、ゲイト絶縁膜中において珪素原子と合金化してしまうことを防ぐことができる。

【0053】特にソース/ドレイン領域の活性化工程を加熱によって行おうとする場合に、本実施例に示す構成を採用することは有効である。即ち、ゲイト電極にアルミニウムのような低融点金属を用いた場合には、一般に400~700℃程度で行われるソース/ドレイン領域に対する活性化工程において、ゲイト電極を構成するアルミニウムがゲイト絶縁膜中に拡散し、ゲイト絶縁膜中に存在する珪素と合金化してしまうことを防ぐことができる。

【0054】〔実施例5〕本実施例は、実施例3に示す構成のゲイト絶縁膜305において、その組成比率を図6に示すようなものとしたことを特徴とする。図6に示すのは、ゲイト絶縁膜305を構成する SiO_xN_y 膜における窒素(N)の組成比率を示すものである。即ち、ゲイト絶縁膜305中における窒素の組成比率を活性層304側からゲイト電極306側に向かって、U字型に変化するように構成したことを特徴とする。

【0055】図6において、maxは3原子%~30原子%、好ましくは1原子%~30原子%、minは0.01原子%~3原子%である。この値は、窒素系の原料ガス（例えば NH_3 ）の混合比を変化させることによって制御できる。また、図6に示すように漸次窒素原子の比率をU字型に変化させるには、成膜の最中において窒素系ガスの混合比を徐々に変化させればよい。

【0056】図6に示すような構成を採用した場合、ゲイト絶縁膜304中においてゲイト電極306側界面とゲイト絶縁膜304側界面とにバリア層を形成することができる。従って、ゲイト電極からゲイト電極中に含まれる材料成分がゲイト絶縁膜中に拡散することを防ぐこ

とができると同時に活性層から水素イオンや結晶化を助長する金属元素（例えばNi）がゲイト絶縁膜内に拡散してくるのを防ぐことができる。図6に示すような構成を採用することで、ゲイト絶縁膜の電気的な安定性を向上させることができ、TFTを特性を高めることができる。

【0057】〔実施例6〕図6に示すのは、図3に示すTFTのゲイト絶縁膜305における窒素(N)の組成比率が活性層界面からゲイト電極界面に向かってU字型に漸次変化（滑らかに変化、または滑らかと見なせる変化、または滑らかと近似できる変化）している場合の例である。しかし、窒素の構成比が滑らかに変化しておらず段階的に変化している場合であっても、図6に示す場合と同様な効果を得ることができる。

【0058】図7に本実施例におけるゲイト絶縁膜(SiO_xN_y で示される薄膜)中における窒素の組成比率を示す。図7に示すのは、ゲイト絶縁膜において、活性層側から段階的（この場合は3段階）に窒素濃度（窒素の組成比率）を減少させ、ゲイト電極側に向かって段階的（この場合は3段階）に窒素濃度（窒素の組成比率）を増加させた例である。なお、maxは3原子%~30原子%、minは0.01原子%~3原子%である。

【0059】図7に示すような構成を得るには、必要とする段階の回数にゲイト絶縁膜の成膜回数を分け、その段階毎に導入する原料ガスの混合比を制御すればよい。図7に示すような構成を採用した場合、段階的に変化する部分において誘電率が非連続的に変化するもので、等価的にキャパシタが直列に接続された状態となるという問題がある。即ち、等価的にキャパシタが直列に接続された状態となることで、ゲイト絶縁膜中に電荷が充電された状態が実現されてしまうという問題がある。（従って、この点に関しては、図6に示すように連続的に組成比率を変化させた方がより好ましい）

【0060】〔実施例7〕本実施例は、図7に示す構成の変形であり、図8に示すような構成で SiO_xN_y で示されるゲイト絶縁膜中における窒素の構成比を変化させたことを特徴とする。なお、maxは3原子%~30原子%、minは0.01原子%~3原子%である。

【0061】〔実施例8〕本実施例を図9に示す。まず、ガラス基板401上に下地酸化膜402として厚さ2000Åの酸化珪素膜を形成する。続いて、プラズマCVD法によって非晶質珪素膜403を500Å堆積する。さらに、非晶質珪素膜表面に薄く酢酸ニッケル膜をスピンコーティング法によって形成する。そして、550度で4時間の熱アニールをおこない、結晶化させる。さらに結晶性を高めるには光アニールをおこなう。（図9(A)）

【0062】つぎに、珪素膜403をパターニングし、島状領域404、405を形成する。その後、酸素を10~90%含有する酸素/窒素雰囲気中で、光アニール

をおこなうことによって、島状領域404、405表面に10~100Å程度の酸化珪素膜406を形成する。本実施例においては、KrFエキシマレーザー（波長248nm）を使用するが、それ以外のレーザーもしくは他の同等な光源を使用してもかまわない。レーザーのエネルギー密度は200~350mJ/cm²が適当で、最適なエネルギー密度は、膜の結晶化度、厚さ、表面の凹凸、等によって異なるので、それらの条件に合わせて調整すればよい。また、このレーザー照射の工程においては、上記の結晶性珪素膜中に残留した非晶質領域も結晶化し、さらに、珪素膜の結晶性を改善することができる。ここで得られた酸化珪素膜406は、熱酸化によって得られた酸化珪素膜に近く、緻密で均一な膜であり、珪素膜との界面が理想的な状態にあるため、その後、該酸化珪素膜上にゲイト絶縁膜を形成した場合、特性と信頼性の高いゲイト絶縁膜が得られる。（図9（B））

【0063】そしてこの島状領域404、405を覆って、実施例1と同様に、ゲイト絶縁膜407となるSiO_xN_y膜を200~1500Åの厚さに形成する。以上のレーザー照射による光アニール酸化およびゲイト絶縁膜の成膜工程は図11に示される装置を用いておこなう。図11に示したのは装置の概念図で、プラズマCVD成膜装置とレーザー処理装置（例えば、レーザーアニール装置）を組み合わせたもので、2つの装置の間には予備室を1つ設けてある。図において、1はプラズマCVD装置のチャンバーであり、2はレーザーアニール装置のチャンバーである。これらのチャンバーにはガス導入バルブ7、18と排気バルブ8、19を設け、必要なガスを導入し、排気できるようにし、また、内部の圧力を適切な値に保てるようにされている。

【0064】チャンバー1には、さらに、電極4、5が設けられ、電極5上には処理されるべき基板（試料）6を置き、電極4にはRF電源（例えば、周波数13.56MHz）3が接続されている。そして、チャンバー内に適切なガス（例えば、モノシランやジシランと酸素、亜酸化窒素等）を導入し、電極間に放電を生じさせて、基板6上に被膜を形成する。基板は必要によって加熱されてもよい。チャンバー2には窓14が設けられ、レーザー装置11からミラー12、レンズ13を経由したレーザー光が窓を通して、サンプルホルダー15上の基板17に照射される。基板はヒーター16によって200~500℃、好ましくは300~400℃に加熱される。光アニールによる酸化を再現性良くおこなう際にはこの加熱は有効である。

【0065】チャンバー2では、レーザーアニールによって活性層表面の光酸化、およびそれと同時に活性層の結晶性を改善することによって特性の向上が図られる。この際、レーザーアニール装置のチャンバー内を酸素雰囲気とすることによって、非単結晶シリコン膜の結晶性の改善とその表面への酸化膜の形成が同時に行われる。

同様にアンモニア雰囲気のような窒化性の雰囲気ではレーザーアニールをおこなうと、窒化膜が形成される。亜酸化窒素雰囲気、もしくは酸素とアンモニアの混合雰囲気であれば、酸化窒化膜が形成される。

【0066】サンプルホルダーは可動式で、基板を乗せたまま、徐々に図の左側に移動することができる。その結果、基板全面にレーザー処理をおこなうことができる。例えば、基板が300mm×400mmであるとするれば、レーザービームの形状を2×350mmの線状とすることによって、基板の全面をレーザー処理できる。また、このときのホルダーの移動速度が20mm/秒であれば、1枚の基板の処理時間は400÷20=20秒である。

【0067】島状の結晶シリコン膜が成膜された基板は以下のような順序で処理される。まず、予備室を10⁻⁵~1torrに排気する。一方、レーザー処理装置のチャンバー2も同じ程度に排気されている。そして、予備室とレーザー処理装置の間のゲートを開けて、予備室からレーザー処理装置に基板を移送する。移送後、ゲートは閉じられ、チャンバー2内に適当な圧力のガスを導入する。さらにサンプルホルダー15をヒーター16によって適切な温度にまで加熱する。温度が安定し、レーザー処理装置にセットされた基板の精密な位置合わせが完了したら、レーザー処理がおこなわれる。このレーザー照射によって、珪素膜の結晶性を向上させる。この際には、雰囲気は、1~1000torrの圧力で、酸素もしくは酸化窒素（例えば、亜酸化窒素（N₂O）、二酸化窒素（NO₂）等）の分圧が10%以上となるようにする。この結果、レーザー照射と同時に珪素膜表面に薄い酸化珪素膜が形成される。

【0068】その後、チャンバー2を排気して、10⁻⁵~1torrの圧力にし、再び、基板を予備室9に戻し、さらに、予備室と同じ程度に排気されたプラズマCVD成膜室1に移送する。そして、成膜手順にしたがって、酸化珪素、窒化珪素等の絶縁膜を形成する。この成膜工程の間にあつては、チャンバー1では別の基板の処理をおこなってもよい。成膜終了後、成膜装置1の内部を排気して、10⁻⁵~1torrの圧力にし、成膜装置1と予備室の間のゲートを開けて、基板をやはり同じ程度に排気された予備室に移送し、予備室を大気圧と同じ圧力にし、基板を大気に取り出す。

【0069】以上の工程において、例えば、基板のセッティングから位置合わせ、取り出しまでを含めた基板1枚に対するレーザー装置での処理時間が、基板のセッティング、排気をも含めたプラズマCVD装置での成膜時間とほぼ等しければ、レーザー処理装置からプラズマCVD装置まで待ち時間無しで処理できる。もし、基板1枚のレーザーの処理時間が、プラズマCVDでの成膜時間の半分であれば、プラズマCVDでの成膜を一度に2枚おこなうようにすればよい。この場合には、最初に2

枚の基板が予備室にストックされ、その後、うち1枚がレーザー処理装置に送られ、処理され、他の1枚は予備室に保存される。そして、最初の1枚が処理された後に予備室に保存されていた1枚が処理される。2枚とも処理されたのちにプラズマCVD装置に送られ、2枚同時に成膜される。

【0070】このようにレーザーアニールによる光酸化およびゲイト絶縁膜の成膜を終了した後、厚さ2000Å～5μmのアルミニウム膜を電子ビーム蒸着法によって形成して、これをパターニングし、図9(C)に示すようにゲイト電極408、409を形成する。ゲイト電極はその後、陽極酸化を施すことによって、厚さ1500～2000Åの陽極酸化被膜をその側面および上面に形成する。陽極酸化の条件は実施例2と同様とする。

(図9(C))

その後、イオンドーピング法によって、各TFTの島状領域404、405中に、ゲイト電極部をマスクとして自己整合的に一導電型を付与する不純物を注入する。この際には、最初に全面にフォスフィン(PH₃)をドーピングガスとして磷を注入してN型不純物領域410、411を形成する。(図9(D))

【0071】その後、図の島状領域404だけをフォトレジスト412で覆って、ジボラン(B₂H₆)をドーピングガスとして、不純物領域411だけに硼素を注入する。このとき、N型不純物領域411が反転して、P型不純物領域413を形成する。(図9(E))

この際、ドーズ量は、磷は2～8×10¹⁵cm⁻²、硼素は4～10×10¹⁵cm⁻²とし、硼素のドーズ量が磷を上回るように設定するとよい。

【0072】さらに、KrFエキシマレーザーを照射して、上記不純物領域410、413の導入によって、結晶性の劣化した部分の結晶性を改善させるとともに、注入された不純物の活性化をおこなう。レーザーのエネルギー密度は200～400mJ/cm²、好ましくは250～300mJ/cm²とするとよい。さらに効果を高めるために、レーザーアニール後に350～550度の温度で熱アニールをおこなってもよい。ゲイト電極は陽極酸化被膜で覆われているため、上記の温度で熱アニールをおこなっても、ゲイト電極の変形等は観察されない。

【0073】こうして、N型不純物領域および、P型不純物領域を形成する。これらの領域のシート抵抗は200～800Ω/cm²である。その後、全面に層間絶縁物414として、酸化珪素膜を厚さ3000Å形成する。そして、TFTのソース/ドレインにコンタクトホールを形成し、ソース/ドレイン電極415、416、417を形成する。(図9(F))

以上のようにして、CMOS型のTFTが形成される。

【0074】〔実施例9〕本実施例は、実施例5における構成のゲイト絶縁膜を利用して、CMOS型のTFT

を形成した例である。図9に本実施例で示すTFTの構成を示す。まず、基板401上に下地膜402としてSiO_xN_yをプラズマCVD法によって1000Åの厚さに成膜する。さらに、プラズマCVD法により非晶質珪素膜を500Åの厚さに形成する。さらに、実施例8と同様に酢酸ニッケルを用いて、熱アニールを行い結晶化せしめる。(図9(A))

その後、活性層となる珪素膜403をパターニングし、島状領域404、405を形成する。その後、N₂O雰囲気中において、レーザーアニールをおこなうことによって、島状領域404、405表面に10～100Å程度の酸化珪素膜406を形成する。本実施例においては、KrFエキシマレーザー(波長248nm)を使用する。また、このレーザー照射の工程において、上記の結晶性珪素膜中に残留した非晶質領域も結晶化し、さらに、珪素膜の結晶性を改善することができる。(図9(B))

【0075】島状領域404、405を形成した後、ゲイト絶縁膜407としてSiO_xN_yで示される薄膜を形成する。本実施例においては、実施例5と同様に、ゲイト絶縁膜407において、その組成比率を図6に示すようなものを用いる。図6に示すのは、ゲイト絶縁膜406を構成するSiO_xN_y膜における窒素(N)の組成比率を示すものであり、ゲイト絶縁膜406中における窒素の組成比率を島状領域404、405側からゲイト電極408、409側に向かって、U字型に変化するように構成したことを特徴としている。

【0076】本実施例では、図12に示される、マルチチャンパー構成の装置を用いる。図11の装置は2つの装置が直線状に接続されたマルチチャンパーであったが、本実施例の装置は星型のマルチチャンパーである。すなわち、基板の出し入れのための搬入搬出室を構成するチャンパー21、基板に対して各種加熱処理(例えば、水素雰囲気でのアニール)をおこなう加熱処理室を構成するチャンパー23、レーザー光の照射を行うレーザー処理室を構成するチャンパー25、プラズマCVD法で酸化珪素の成膜を行うための成膜室を構成するチャンパー27と、共通の予備室(搬送室)29を有する。また、予備室と各チャンパーとはゲイト22、24、26、28によって接続される。基板は31～34に示されるように共通の予備室29に配置されたロボットハンド30によって、各チャンパー間を移送される。搬入搬出室には複数枚の基板をカセットの状態でセットするとロボットによって自動的に1枚づつ各チャンパーに移送され、処理が終了した基板は自動的にカセットに戻されるような、いわゆるカセット・トゥー・カセット(C-to-C)方式を採用してもよい。

【0077】以上の工程では、最初にレーザーアニールをチャンパー25でおこない、次に基板を成膜チャンパー27に移送して、ゲイト絶縁膜の成膜をおこなう。こ

のように、図 12 の装置を用いることによって、レーザーアニール処理した珪素膜を外気にさらさせることなく、その上にゲイト絶縁膜を成膜できる。以上の工程の後、厚さ 5000 Å のアルミニウム膜を用いてゲイト電極 408、409 を形成する。ゲイト電極の上面および側面には陽極酸化物被膜を形成する。(図 9 (C))

【0078】その後、イオンドーピング法によって、各 TFT の島状領域 404、405 中に、N 型不純物領域 410、411 を形成する。(図 9 (D))

そして、島状領域 404 だけをフォトレジスト 412 で覆って、P 型不純物を注入し、P 型不純物領域 413 を形成する。(図 9 (E))

そして、500 度、20 分の熱アニールをおこない、ドーピングされた不純物の活性化をおこなう。さらに、KrF エキシマーレーザー (波長 248 nm、パルス幅 20 nsec) を照射して、より活性化を高める。その後、再び、500 度、20 分の熱アニールをおこない、ソース/チャネル接合、ドレイン/チャネル接合に形成されるトラップ準位を除去する。

【0079】その後、全面に層間絶縁物 414 として、酸化珪素膜を厚さ 3000 Å 形成する。以上のレーザーアニールから層間絶縁物の成膜までは、図 12 に示す装置を用いておこなえばよい。すなわち、最初に熱処理のチャンバー 23 において熱アニールをおこない、次に、基板をレーザー処理のチャンバー 25 に移送し、レーザーアニールをおこなう。その後、再び、熱処理のチャンバー 23 に移送し、熱アニールをおこない、続いて、成膜チャンバー 27 に移送して、層間絶縁物を成膜する。

【0080】以上の工程においては、レーザーアニールと成膜の工程は、ほぼ同じ程度の処理速度とすることができ、熱アニールはそれらの 10 倍程度の時間が必要である。そのため、熱アニールは基板 10 枚をまとめて処理することとなる。そのため、レーザーアニールされた基板を 10 枚以上、予備室 29 にストックできるような構成とすればよい。以上のようにして層間絶縁物を形成した後、TFT のソース/ドレインにコンタクトホールを形成し、ソース/ドレイン電極 915、916、917 を形成する。(図 9 (F))

以上のようにして、CMOS 型の TFT が形成される。

【0081】〔実施例 10〕本実施例は、実施例 6 におけるゲイト絶縁膜成膜工程前に、フッ素もしくは塩素を含んだ酸素雰囲気中において、レーザーアニールを施すことによって、結晶性珪素膜中における不純物の除去をおこなうものである。まず、基板 501 上に下地膜 502 として SiO_xN_y をプラズマ CVD 法によって 1400 Å の厚さに成膜する。さらに、プラズマ CVD 法により非晶質珪素膜を 500 Å の厚さに形成し、結晶化させる。(図 10 (A))

【0082】その後、珪素膜 503 をエッチングし、島状領域 504 を形成する。そして、基板を塩化水素を 3

0% 含む酸素雰囲気中において、KrF エキシマーレーザー光 (波長 248 nm) を照射する。照射エネルギーの密度は 250~450 mJ/cm²、例えば、300 mJ/cm² とし、1 か所につき 10~50 ショットを照射する。基板温度は 200~500 度とすることが望ましい。このレーザー照射によって、島状領域 504 の表面に存在していたニッケルは塩素と化合して蒸発し、あるいは、形成された酸化珪素膜 505 に選択的に取り込まれる。

10 【0083】酸化珪素膜 505 は塩素を含む組成を有し、その厚さはレーザーのエネルギー密度、ショット数によって異なるが、10~50 Å 程度である。この際、塩化水素の代わりに四塩化炭素、三フッ化窒素、六フッ化二炭素等でも構わない。また、この工程においては活性層にも塩素が導入される。(図 10 (B))

その後、この上にゲイト絶縁膜を形成してもよいが、本実施例では、基板をフッ酸系のエッチャントに浸して酸化珪素膜 505 のエッチングをおこなう。この処理により、酸化珪素膜 505 がエッチングされ、不純物であるニッケルも同時に除去され、活性層 504 中のニッケル濃度は極めて小さいものとなる。

20 【0084】その後、ゲイト絶縁膜 506 として SiO_xN_y で示される薄膜を形成する。本実施例においては、実施例 6 と同様に、ゲイト絶縁膜 506 において、その組成比率を図 7 に示すようなものを用いる。図 7 に示すような構成を得るには、必要とする段階の回数にゲイト絶縁膜の成膜回数を分け、その段階毎に導入する原料ガスの混合比を制御すればよい。その後、厚さ 5000 Å のアルミニウム膜を用いて、ゲイト電極 507 を形成する。(図 10 (C))

30 【0085】その後、イオンドーピング法によって、島状領域 504 中に、ゲイト電極部をマスクとして自己整合的に不純物を注入する。この際には、フォスフィン (PH_3) をドーピングガスとして燐を注入して N 型不純物領域 508 を形成する。この場合のドーズ量は $1 \times 10^{14} \sim 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$ 、加速電圧は 60~90 kV、例えば、ドーズ量を $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 、加速電圧は 80 kV とする。(図 10 (D))

さらに、KrF エキシマーレーザー (波長 248 nm、パルス幅 20 nsec) を照射して、上記不純物領域 508 の導入によって、結晶性の劣化した部分の結晶性を改善させるとともに、注入された不純物の活性化をおこなう。レーザーのエネルギー密度は 200~400 mJ/cm²、好ましくは 250~300 mJ/cm² とする。

40 【0086】その後、全面に層間絶縁物 509 として、酸化珪素膜を厚さ 3000 Å 形成する。そして、層間絶縁膜 509 とゲイト絶縁膜 506 のエッチングをおこなって、ソースにコンタクトホールを形成する。そして、スパッタ法によってアルミニウム膜を形成し、これをエ

21

ッチングしてソース電極510を形成する。(図10(E))

さらに、パッシベーション膜511として窒化珪素膜を3000Åに成膜する。その後、このパッシベーション膜511と層間絶縁膜509とゲイト絶縁膜506のエッチングをおこなって、ドレインにコンタクトホールを形成する。そして、スパッタ法によってインディウム錫酸化物被膜(ITO膜)を成膜し、これをエッチングして画素電極512を形成する。(図10(F))

以上のようにして、アクティブマトリクス回路の画素トランジスタを形成することができる。

【0087】

【効果】絶縁基板、特にガラス基板上に設けられたTFTのゲイト絶縁膜を SiO_xN_y とすることによって、

- ・ゲイト電極の静電破壊を防止することができる。
- ・ Si-N 結合によって Na や重金属イオンのドリフトを防ぐことができる。
- ・膜中に固定電荷が存在することがないので、 $C-V$ 特性にヒステリシスが出ず、安定した動作を期待することができる。

【0088】また上記 SiO_xN_y 膜の作製方法に際して、原料ガスとしてクロールシラン、またはジクロールシランを用いることで、膜中に Cl (塩素)を添加することができ、この Cl の働きで不純物イオンを固定化することができ、上記効果に加えてさらに安定した効果を得ることができる。

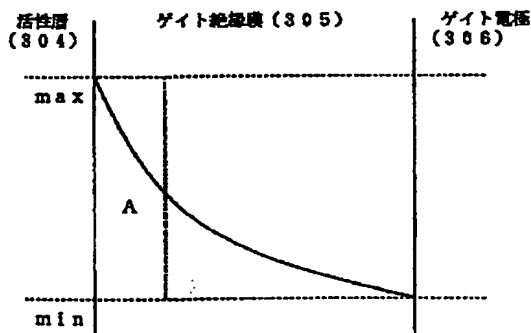
【0089】また、 SiO_xN_y 膜で構成されるゲイト絶縁膜中において、 N の組成比率を活性層および/またはゲイト電極との界面において最大とすることによって、活性層および/またはゲイト電極からゲイト絶縁膜中に各種イオンや元素が拡散しない構成を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例1におけるTFTの作製工程を示す。

【図2】 実施例2におけるTFTの作製工程を示す。

【図4】



22

【図3】 実施例3におけるTFTの作製工程を示す。

【図4】 ゲイト絶縁膜中における窒素の組成比率の分布を示す。

【図5】 ゲイト絶縁膜中における窒素の組成比率の分布を示す。

【図6】 ゲイト絶縁膜中における窒素の組成比率の分布を示す。

【図7】 ゲイト絶縁膜中における窒素の組成比率の分布を示す。

【図8】 ゲイト絶縁膜中における窒素の組成比率の分布を示す。

【図9】 実施例8および実施例9におけるTFTの作製工程を示す。

【図10】 実施例10におけるTFTの作製工程を示す。

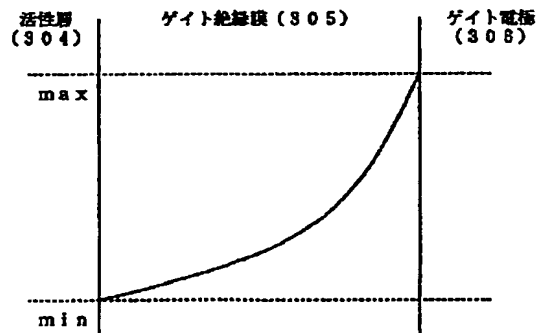
【図11】 実施例で用いるレーザーアニール装置および成膜装置を示す。

【図12】 実施例で用いる装置のシステムを示す。

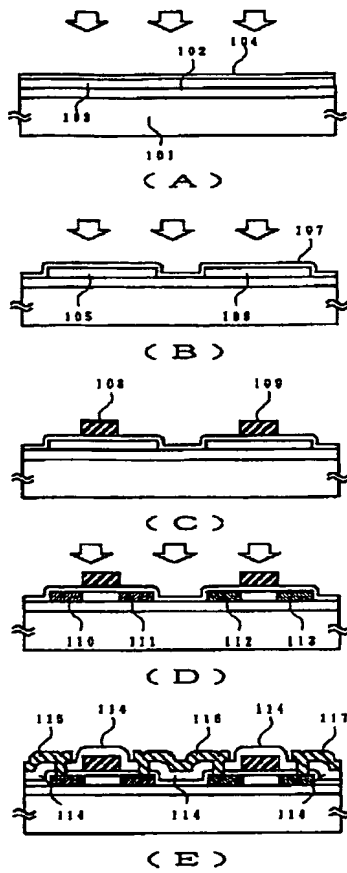
【符号の説明】

101	ガラス基板
102	下地酸化膜
103	珪素膜
104	保護膜
105	活性層 (NTFT用)
106	活性層 (PTFT用)
107	ゲイト絶縁膜 (SiO_xN_y 膜)
108	ゲイト電極 (NTFT用)
109	ゲイト電極 (PTFT用)
110	N型不純物領域
111	N型不純物領域
112	P型不純物領域
113	P型不純物領域
114	層間絶縁物
115~117	金属配線

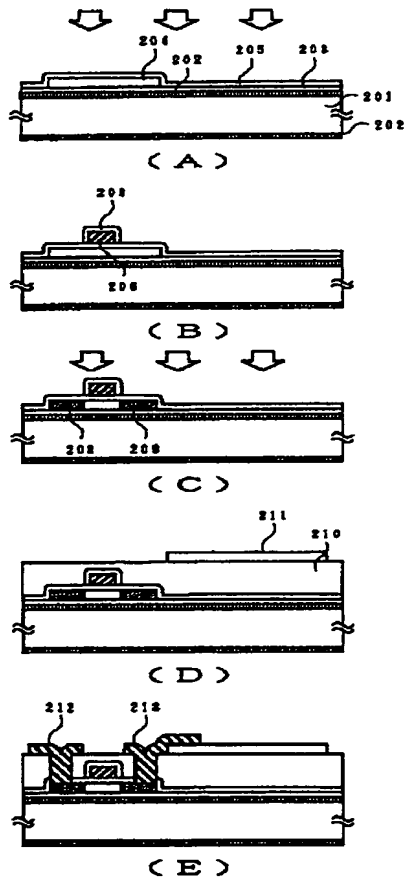
【図5】



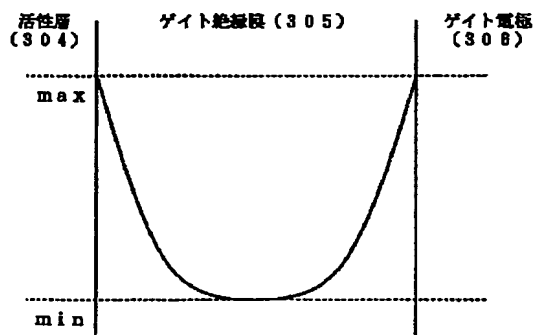
【図1】



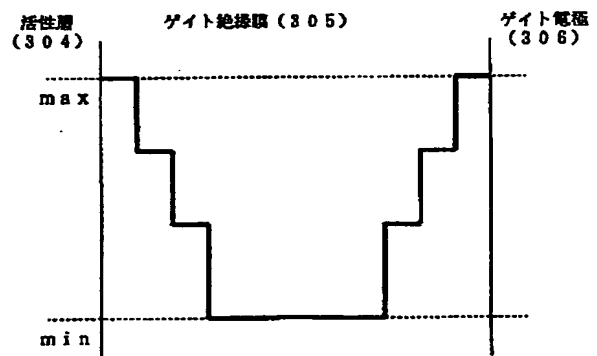
【図2】



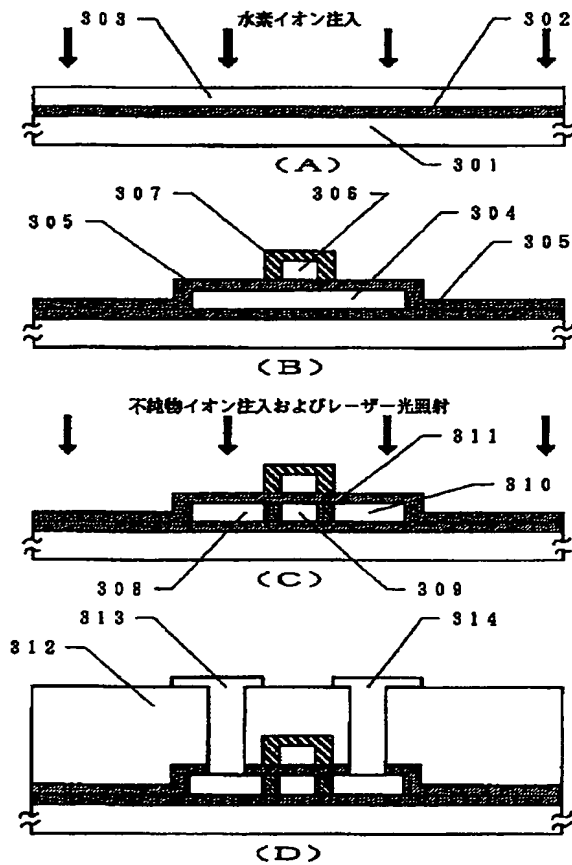
【図6】



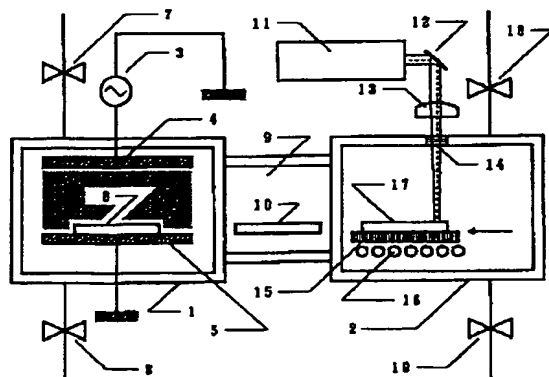
【図7】



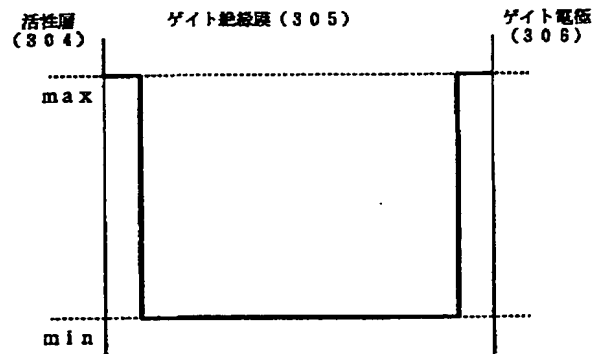
【図3】



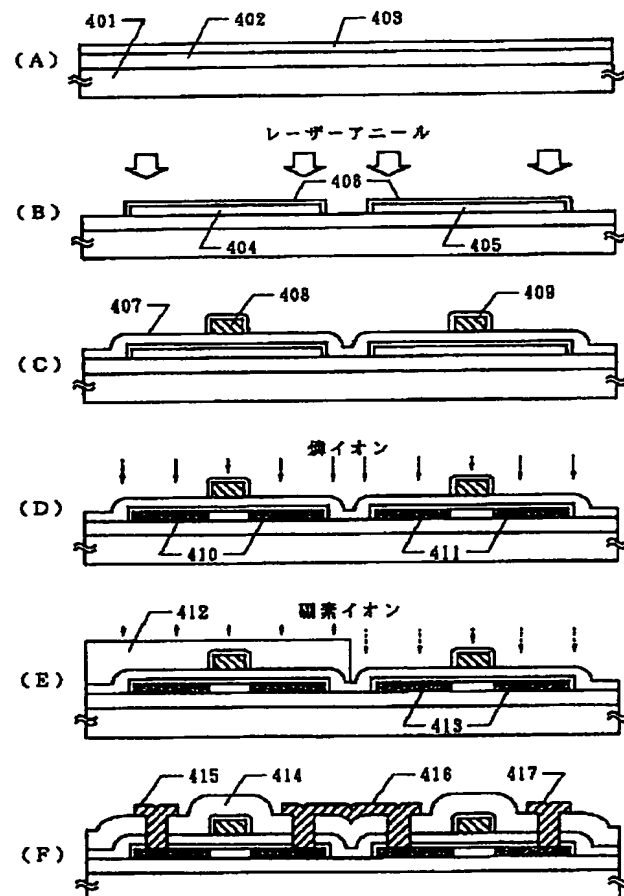
【図11】



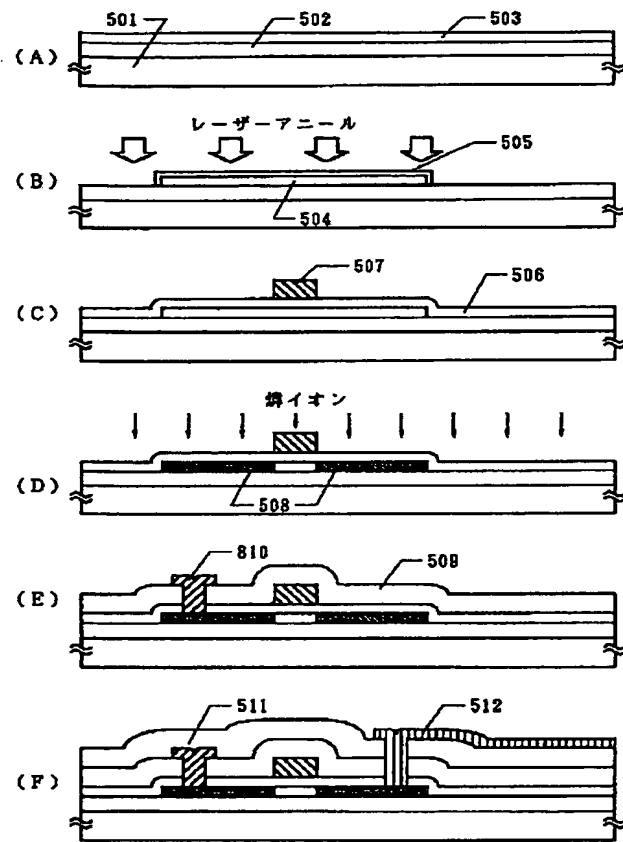
【図8】



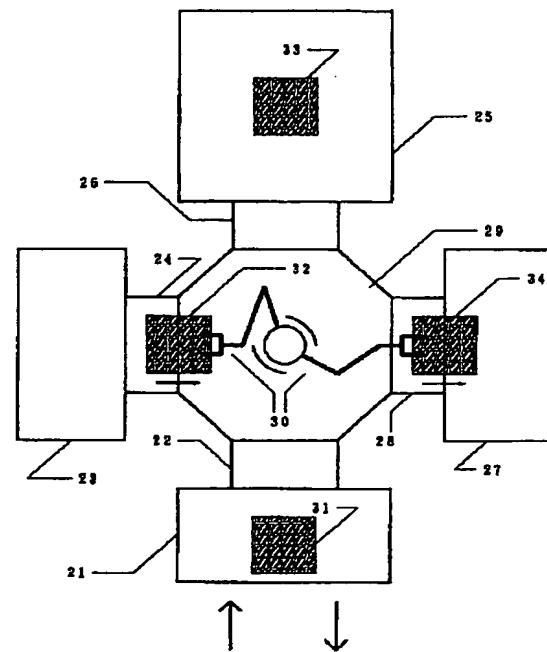
【図9】



【図10】



【図12】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶
H 0 1 L 21/336

識別記号 庁内整理番号 F I

技術表示箇所